

B e r i c h t  
über

Vereisungsversuche  
an einem Endkappenmodell der Ju 288

Zusammenfassung:

An einem Leitwerksmodell der Ju 288 wurden für die Endkappe der Höhenflosse verschiedene Trennstreifenbeheizungssysteme erprobt, die eine periodische Enteisung der Endkappe bewirken sollten. Es zeigte sich, daß trotz der für den Eisabwurf besonders ungünstigen Form der Kappe bei richtiger Bemessung der Heizstärke sowohl eine fremdperiodische als auch eine eigenperiodische Enteisung durchführbar ist. Für eigenperiodische Enteisung, d.h. bei dauernder schwacher Beheizung der Abtauf Flächen, ist eine klimaabhängige Regulierung unerlässlich.

Inhaltsverzeichnis:

Einleitung

Versuchsdurchführung und  
Versuchsergebnisse

Versuchsgr. Modell "A"

-Versuche 1-6-

Versuchsgr. Modell "B"

-Versuche 1-8-

Folgerungen .

Der Bericht umfaßt 17 Seiten

28 Abbildungen

1 Skizzenbl.

AERODYNAMISCHE VERSUCHSANSTALT GOETTINGEN E.V.

Institut für Kälteforschung

Der Institutsleiter

gez. Ritz

Der Bearbeiter

gez. Hentrich

Göttingen, den 25.6.1942.

- 1 -

### Einleitung

Versuchsaufgabe war, an einem beheizten Endkappenmodell (siehe Skizze 1) die elektrischen Heizleistungen festzustellen, bei denen bei einem Gesamtanstellwinkel von  $0^\circ$  und bei verschiedenen Höhenruderausschlägen eine freie Seitenruderbeweglichkeit gewährleistet ist.

Das Modell wurde bei der Firma Junkers Flugzeugwerke hergestellt. Es war horizontal in die Meßstrecke des Kältekanals eingebaut. Die Nasen der Höhen- und Seitenleitwerksflossen wurden durch eine elektrische Innenheizung eisfrei gehalten.

Für die Endkappe waren zwei verschiedene Heizanordnungen vorgesehen, und zwar eine Innenheizung durch Blockheizkörper Modell A (siehe Abb. 1, 2 und 3) und eine Außen-

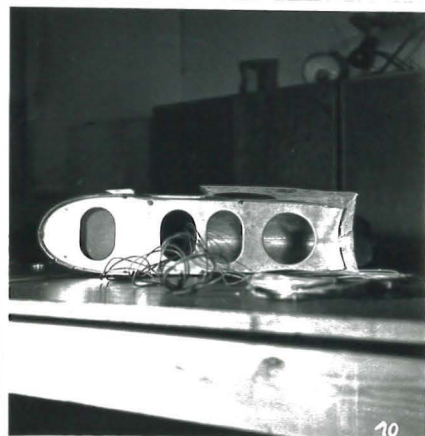


Abb. 1

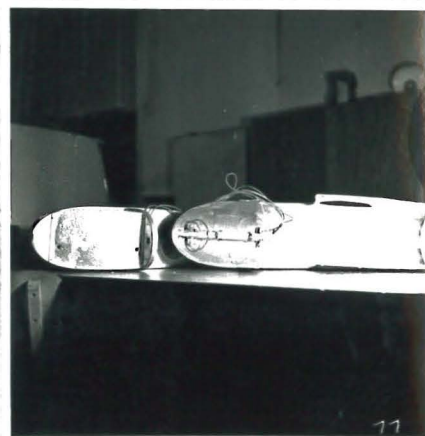


Abb. 2

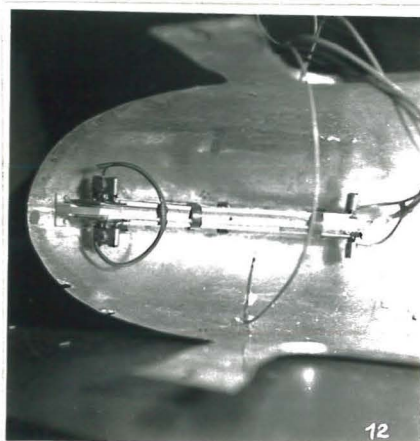


Abb. 3



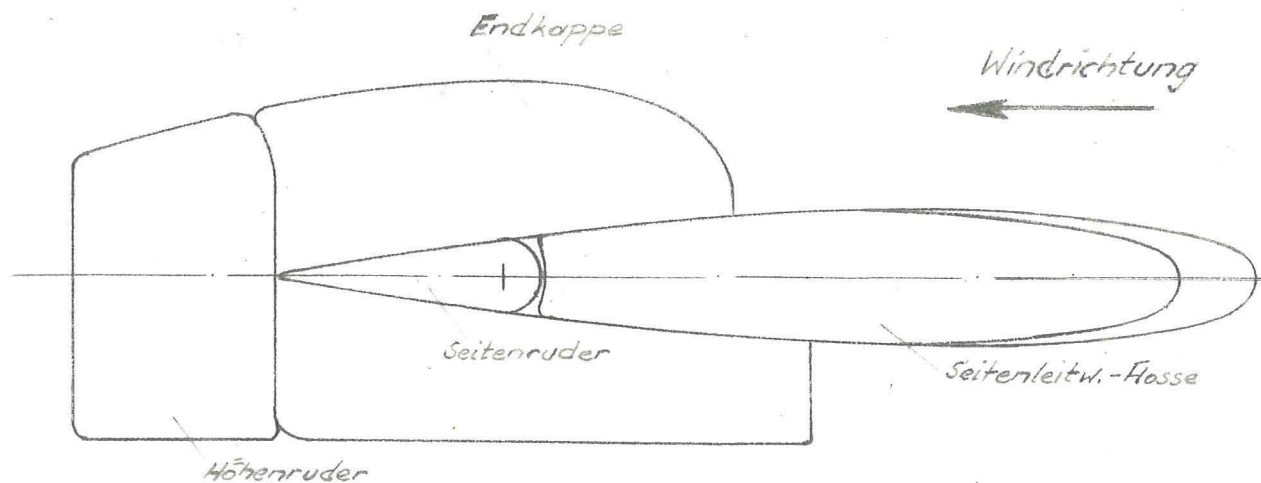
- 2 -

beheizung durch einen kombinierten metallspritz-galvanischen Belag - Modell B - (s. Skizze 3). Bei der Anordnung mit Innenheizung (Modell A) war der Heizkörper an einem "T-Profil" angebracht, welches einen Teil der Heizleistung durch Wärmeleitung aufnahm und als Trennstreifen diente. Der andere Teil der Heizleistung wurde durch Wärmestrahlung an die benachbarten Flächenteile der Kappe abgegeben (s. Abb. 1, 2 und 3) u. Skizzen 2 und 2a). Eine Änderung des Verhältnisses Trennstreifenheizleistung Flächenheizleistung konnte zu Gunsten der Flächenheizleistung dadurch erreicht werden, daß man zwischen das T-Profil und den Heizkörper einen wärmeisolierenden Stoff anbrachte. Der zweite Teil der Versuche in der Versuchsgruppe Modell "A" wurde mit dieser Anordnung durchgeführt (s. Skizze 2a). Zur Messung der Temperaturunterschiede zwischen Heizkörper, T-Profil und Außenhaut sowie der Anlaufzeit nach Einschalten der Heizung waren die Thermoelemente  $t_1$ ,  $t_2$ ,  $t_3$  (siehe Skizze 2) bzw.  $t_1$ ,  $t_2$ ,  $t_3$ ,  $t_4$  (siehe Skizze 2a) angebracht.

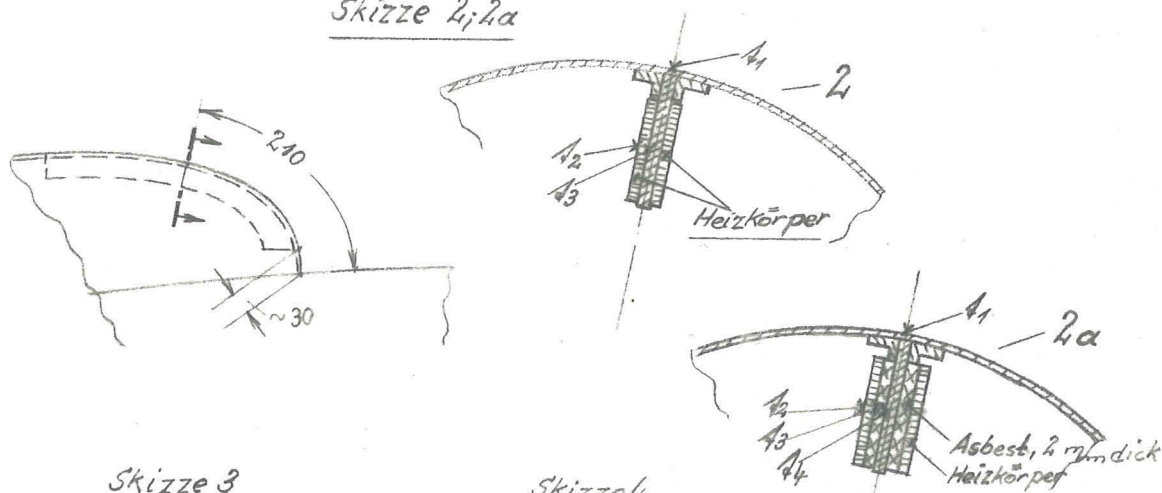
Die Versuche mit der außenbeheizten Endkappe Modell B (siehe Skizze 3) hatten u.a. gezeigt, daß die Heizbelegung nicht bis zum Ende des direkt beaufschlagten Gebietes der Endkappe reichte. Dadurch hatten sich im mittleren Teil der Kappe große Eisansätze gebildet, die sich auch ungünstig auf den Eisabwurf im vorderen beheizten Teil auswirkten. Ferner hatte sich gezeigt, daß der Trennstreifen zu schmal war. Um diese Mängel in der Heizbelagsanordnung zu beseitigen, wurde von der AVA ein neuer Nickelfoliebelag aufgeklebt, bei dem Trennstreifen und Flächenbelag um rd. 160 mm weiter nach hinten verlängert, sowie der Trennstreifen auf 25 mm verbreitert wurden. Bei dieser Anordnung wurde der alte Flächenheizbelag wieder mit verwandt, während der alte Trennstreifenbelag in Fortfall kam (siehe Skizze 4). Mit dieser Anordnung wurde dann eine weitere Versuchsreihe durchgeführt.

- 3 -

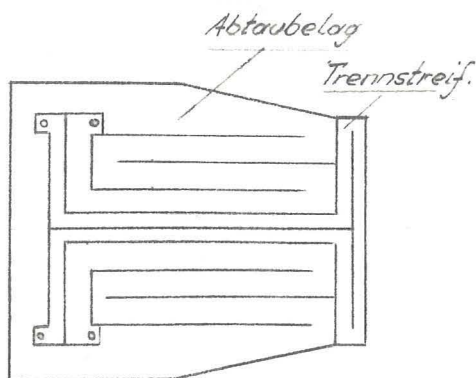
Skizze 1



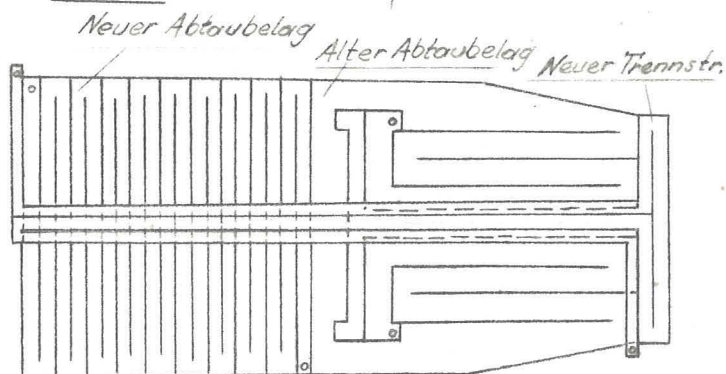
Skizze 2, 2a



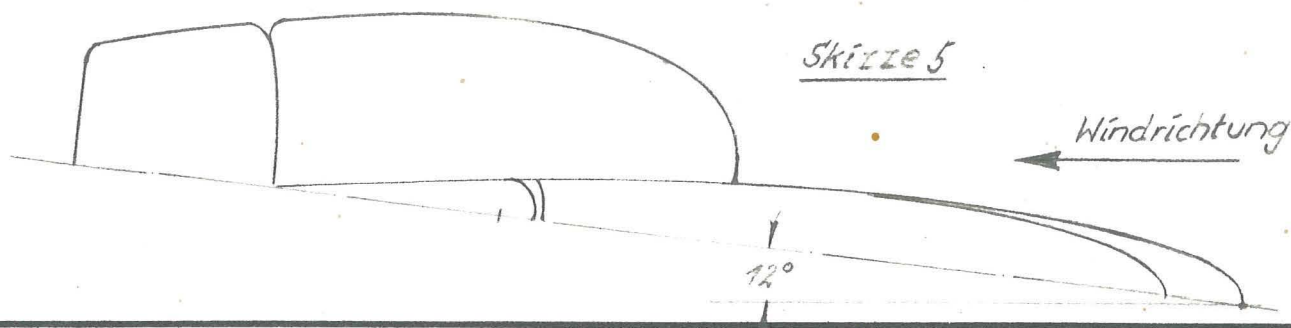
Skizze 3



Skizze 4



Skizze 5





- 4 -

### Versuchsdurchführung und Versuchsergebnisse

#### Versuchsgruppe Modell "A"

##### Versuchsdaten:

Raumtemperatur	-5 [°C]
Windgeschwindigkeit	44 [m/s]
Spritzwassermenge	= 1,7 [g/m <sup>3</sup> ]
Spritzdruck	p = 4,0 [at]
Beheizung der Höhen- leitwerk- und Seiten- leitwerk-Flosse je	1 200 [W]
Endkappenbeheizung	variabel

##### Versuch 1: Leistung der Endkappenheizung 100 [W]

Nach 9 min Vereisungszeit war der vordere Teil des Trennstreifens noch eisfrei, während sich in der zweiten Hälfte des Trennstreifens eine Eiskappe gebildet hatte (Abb. 4)



Abb. 4

Nach 20 min Vereisungszeit Eiskappe auf dem gesamten Trennstreifen. Ein eigenperiodischer Eisabwurf kam nicht zustande.

- 5 -

Versuch 2: Leistung der Endkappenheizung 130 [W]

Nach 6 min Vereisungszeit hatte sich an der hinteren Hälfte des Trennstreifens eine Eiskappe gebildet (Abb. 5)



Abb. 5

Auch eine nachträgliche Erhöhung der Heizleistung auf 260 [W] brachte keinen Eisabwurf.

Bei weiterer Erhöhung der <sup>Dauer</sup> Heizleistung wäre der für die Endkappe vorgesehene Energieaufwand überschritten worden. Es wurde daher bei den folgenden Versuchen die höhere Heizleistung - 390 W - erst nach einer bestimmten Vereisungszeit eingesetzt.

Versuch 3:

Endkappenheizung während der Vereisungszeit abgestellt. Nach 10 min Vereisungszeit wurde die Heizung mit 260 [W] Leistung eingeschaltet. Nach 8 min Heizzeit noch kein Abwurf.

Versuch 4:

Nach 10 min Vereisungszeit Heizung mit 390 [W] Leistung eingeschaltet. Kein Eisabwurf.

Da sich am unbeheizten Teil der Endkappe ein Eisansatz bildete, der den Eisabwurf am beheizten Teil et-



- 6 -

was behinderte, wurde ein ca. 10 cm breiter Streifen hinter dem beheizten Teil mit Enteisungsfett bestrichen.

Hierauf wurden die Versuche 1 bis 4 wiederholt.

Es waren jedoch keine wesentlichen Verbesserungen hinsichtlich des Eisabwurfs festzustellen.

### Temperaturmessungen

Von den gelegentlich der Versuche 1 bis 4 durchgeführten Temperaturmessungen werden im Folgenden einige Beispiele wiedergegeben, die für die Beurteilung der inneren Wirkungsweise (Wärmeleitung, Wärmestrahlung, Anlaufzeit) Aufschluß geben können.

Folgende Versuchsbedingungen waren dabei konstant:  
Raumtemperatur: -5 [°C] Windgeschwindigkeit 44 [m/s,]  
Beheizung der Höhen- und Seitenleitwerksflossen je 1,2 [kW].  
Die nasse Luft hatte einen Feuchtigkeitsgehalt von 1,7 [g/m³] bei [4,0] atm Zerstäubungsdruck.

Anordnung nach	Luft- zust.	Heiz- leist. Endk.	Heizdauer	$t_1$ $t_c$	$t_2$ $t_c$	$t_3$ $t_c$	$t_4$ $t_c$	
Skizze 2	trocken	100 W	nach 10 min	16	73	67		
	naß	100 "	" 10 "	2,5	63	56		
	naß	260 "	" 1 "		49			
			" 2 "		94			
			" 3 "		108			
			" 5 "		134			
			" 9 "		180			
			" 10 "		180			
	naß	390 "	nach $\frac{1}{2}$ "			56		
			" 1 "			108		
			" 2 "			166		
			" 3 "			198		
			" 5 "			212		
			" 7 "			226		
			" 10 "			226		

- 7 -

Anordnung nach	Luft- zust.	Heiz- leist. Endk.	Heizdauer	t <sub>1</sub> °C	t <sub>2</sub> °C	t <sub>3</sub> °C	t <sub>4</sub> °C
Skizze 2a	trocken	100 W	nach 10 min	6	109	104	23,5
	naß	100 "	" 10 "	0,5	102	106	19
	naß	240 "	" 1 "		49		
			" 1 "		94		
			" 2 "		150		
			" 3 "		198		
			" 5 "		254		
			" 10 "		254		
	naß	350 "	" 1 "				10
			" 2 "				30
			" 3 "				49
			" 5 "				80
			" 7 "				92
			" 10 "				92
	naß	350 "	" 1 "		100		
			" 1 "		148		
			" 2 "		234		
			" 3 "		280		
			" 5 "		300		
			" 10 "		300		

### Einfluß der Klimabedingungen

Bei diesen Versuchen sollte festgestellt werden, ob eine normale Beheizung der Höhen- und Seitenleitwerksflosse sowie der Endkappe für  $-5^{\circ}$  Raumtemperatur bei milden Klimabedingungen dadurch eine Gefährdung der Ruderbeweglichkeit hervorrufen kann, daß das abfließende Schmelzwasser in die Höhen- und Seitenruderspalte gelangt, dort wieder gefriert und die Ruder blockiert.

#### Versuchsbedingungen:

Raumtemperatur	- 1,5 [°C]
Windgeschwindigkeit	64 [m/s]
Spritzwassermenge	1,7 [g/m <sup>3</sup> ]
Spritzwasserdruck	4,0 [at]
Beheizung der Höhen- und Seitenleitwerksflosse	je 1,2 [kW]
Beheizung der Endkappe	350 [W]
Seitenrudereinstellung	0°
Höhenrudereinstellung bei Vers. 5	0°
bei Vers. 6	+27°



- 8 -

**Versuch 5:**  
-----

Vereisungszeit 30 min.

An den vorderen Kanten der Ruderspalte hatte sich ein kleiner Eisansatz gebildet. Die Höhenrudertätigkeit wurde dadurch nicht behindert. Beim Seitenruder platzte das Eis durch mechanische Bewegung mit geringer Kraft ab und gab das Ruder wieder frei.

- Abb. 6, 7, 8 und 9 -



Abb. 6



Abb. 7



Abb. 8



Abb. 9



- 9 -

Versuch 6:

Vereisungszeit 30 min.

Das Höhenruder war durch eine Eisbrücke, welche sich an der Unterseite zwischen Flosse und Ruder gebildet hatte, völlig blockiert. Beim Seitenruder gleiche Verhältnisse wie in Versuch 5.

- Abb. 10, 11, 12, 13 und 14.



Abb. 10



Abb. 11



Abb. 12



Abb. 13



- 10 -



Abb. 14

#### Versuchsgruppe Modell "B"

##### 1) Endkappe mit Oberflächeheizung gem. Skizze 3

Konstante Versuchsbedingungen:

Windtemperatur  $-5,5 [^{\circ}\text{C}]$   
Windgeschwindigk.  $44 [\text{m/s}]$   
Spritzwassermenge  $= 1,7 [\text{g/m}^3]$   
Spritzwasserzerstäu-  
bungsdruck  $p_L = 4 [\text{at}]$

Beheizung der Seiten- und Höhenflosse je  $1\ 200\ \text{W}$ .  
(Bei dieser Heizleistung verlief der Vereisungsvorgang an den Flossen derart, daß die Vereisung an der Endkappe und an den Rudern möglichst wenig beeinflusst wurde.)

Trennstreifenheizung  $1,0 [\text{W/cm}^2]$  (in einzelnen Fällen  $1,2 [\text{W/cm}^2]$ ), Abtaupflächenheizung bei einigen Versuchen dauernd, bei einigen periodisch eingeschaltet. Von Versuch zu Versuch wurde die Heizstärke für die Abtaupflächen erhöht ( $0,2$ , später  $0,4 [\text{W/cm}^2]$ ). Es kam jedoch niemals zu einem durchaus einigermaßen vollständigen Abwurf der Eisansätze, da das Eis auch bei starker Beheizung der Abtaupflächen hinter demselben haften - und eine Kappe bildete, die sich bei längerer Versuchsdauer auch über den Trennstreifen hinweg schloß.

- 11 -

Besonders deutlich zeigten diesen Vorgang die Abbildungen 15 und 16.



Abb. 15



Abb. 16

## 2) Endkappe mit Oberflächenheizung gemäß Skizze 4

### Versuchsbedingungen:

Raumtemperatur  $-5 [^{\circ}\text{C}]$

Windgeschwindigkeit  $44 [\text{m/s}]$

Spritzwassermenge  $= 1,7 [\text{g/m}^3]$

Zerstäubungsdruck  $p_L = 4,0 [\text{at}]$

Beheizung der Höhen- und Seitenleitwerksflosse je  $1,2 [\text{kW}]$

Bei der Endkappe: Trennstreifenheizung  $1,0 [\text{W/cm}^2]$   
Flächenheizung variabel.

### Versuch 1:

Nach 3 min Vereisung am vorderen Teil des Trennstreifens Eiskappenbildung (s. Abb. 17).

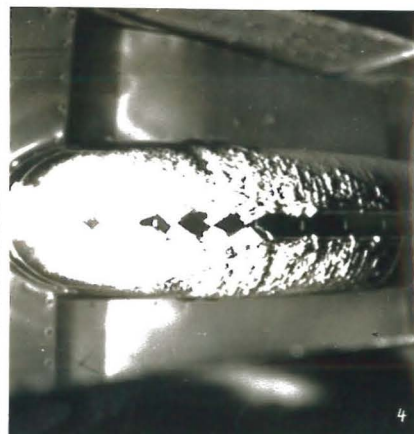


Abb. 17



- 12 -

Nach 9 min Flächenheizung mit  $0,17 \text{ [W/cm}^2\text{]}$  eingeschaltet.  
Kein Abwurf. Durch Erhöhung der Flächenheizung auf  
 $0,24 \text{ [W/cm}^2\text{]}$  wurde das Eis zum Abwurf gebracht.

In den Versuchen 2, 3 und 4 wurde die Abtauheizung perio-  
disch aus- und eingeschaltet bei  $2\frac{1}{2}$  min Vereisung und  
 $\frac{3}{4}$  min Heizzeit. Es sollte dabei die Mindestflächenheiz-  
leistung festgestellt werden, bei der noch Eisabwurf er-  
folgt.

Versuch 2:  
-----

Abtauheizleistung  $0,18 \text{ [W/cm}^2\text{]}$  . Kein Abwurf.

Versuch 3:  
-----

"  $0,23 \text{ [W/cm}^2\text{]}$  . Kein Abwurf.

Versuch 4:  
-----

"  $0,40 \text{ [W/cm}^2\text{]}$  .

In der ersten Periode Eisabwurf a. vord. Teil d. Obers.

" " zweiten " " " ganzen Unterseite

" " dritten " " " d. (Abb. 18)  
Oberseite  
(Abb. 19)

Durch Versuch 5 und 6 wurde die Dauerflächenheizung er-  
mittelt, bei der eigenperiodischer Eisabwurf erfolgt.

Versuch 5:  
-----

Flächenheizleistung  $0,22 \text{ [W/cm}^2\text{]}$  . Kein Eisabwurf.

Versuch 6:  
-----

"  $0,26 \text{ [W/cm}^2\text{]}$  .

Eis wächst von Unter- und Oberseite an dem Trenn-  
streifen hervor und wird nach Erreichen einer Dicke von  
2-3 cm abgeworfen, ohne daß es vorher zu Kappenbildungen  
gekommen ist (Abb. 20 und 21).

- 13 -



Abb. 18



Abb. 19



Abb. 20



Abb. 21

#### Einfluß des Schiebewinkels

Die bisher durchgeführten Versuche hatten unter anderem gezeigt, daß bei gänzlich unbeheizter Endkappe die Beweglichkeit der Höhen- und Seitenruder niemals gefährdet wurde. Die folgenden Versuche sollten zeigen, ob dies auch für den Fall eines Schiebewinkels (nach Skizze 5) noch zutrifft.

#### Versuchsbedingungen:

Raumtemperatur	-2 [°C]
Windgeschwind.	28 [m/s]



- 14 -

Spritzwassermenge 2,8 [g/m<sup>2</sup>]  
(Die Gesamtspritzwassermenge ist die gleiche wie  
bei den vorhergehenden Versuchen.)

Zerstäubungsdruck 3,0 [atm]

Höhen- und Seitenflosseneinstellung = 0 °

Seitenrudereinstellung = 0 °

Höhenrudereinstellung bei Vers. 7 = 0 °

" " " 8 = +27 °

**Versuch 7:**  
-----

Vereisungszeit 25 min .

Das Seitenruder war durch Eisansätze und Spalt  
zwischen Ruder und Endkappe völlig blockiert. Das  
Höhenruder war frei beweglich (Abb. 22, 23 und 24).



Abb. 22



Abb. 23

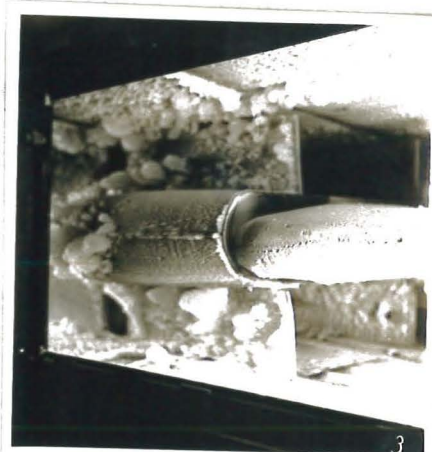


Abb. 24

- 15 -



Abb. 25



Abb. 26



Abb. 27



Abb. 28



- 16 -

Versuch 8:

Vereisungszeit 25 min.

Seiten- und Höhenruder waren durch Eisansätze in den Spalten zwischen den Rudern und der Endkappe völlig blockiert. (siehe Abb. 25, 26, 27, 28)

F o l g e r u n g e n

Die bei Modell "A" gewählte Zuführung der Wärme zum Trennstreifen durch Wärmeleitung in einem T-Profil ist brauchbar. Soweit im übrigen die Wärmezufuhr zu den Abtauplächen in der Außenhaut erfolgen soll, ist sie insofern ungünstig, als dadurch mehr eine Zurückverlegung der Eisansätze als ein periodischer Eisabwurf erreicht wird. Die Übertragung der Wärme durch Wärmestrahlung setzt eine beträchtliche Wärmeisolierung zwischen Heizkörper und T-Profil voraus und kann auf diese Weise weitgehend geregelt werden.

Die Durchführung einer periodischen Enteisung ist bei der ungünstigen Form der Kappe schwieriger als an einer Flügelnase, was sich durch höhere Abtauleistungen bzw. längere Abtauzeiten bemerkbar macht. Bei vorgegebenen Klimabedingungen ist eine periodische Enteisung nach beiden Verfahren (fremdperiodisch und eigenperiodisch) durchführbar. Sind die Klimabedingungen jedoch veränderlich, so ist es nicht möglich, bei eigenperiodischer Enteisung mit konstanter Heizleistung in allen Fällen wirksame Enteisung zu erzielen, da bei falsch bemessener Heizung ungünstigere und gefährlichere Vereisungen auftreten als bei vollkommenem Fehlen einer Heizung.

Andererseits ist es trotz der voraussichtlich aerodynamisch unbedeutenden Wirkung der Endkappenvereisung im Hinblick auf die Ruderblockierung bei Schiebeflug nicht möglich, auf die Beheizung der Endkappe ganz zu verzichten.

- 17 -

Eine Anordnung gemäß Modell "A" würde also eine Regeleinrichtung unerlässlich machen, während bei der Anordnung gemäß Modell "B" nur eine Schaltanordnung für die Endkappe erforderlich wäre.

*Henrich.*

Schd.